

某风冷机载电子设备散热设计

杜林秀 王磊

(中国电子科技集团公司第二十九研究所 四川 成都 610036)

摘要: 热设计是保证电子设备长期稳定运行的前提条件, 本文采用数值计算方法对某风冷机载电子设备进行散热优化设计, 实现了在小温差条件下设备的散热设计。通过设计优化, 将电子设备内的芯片控制在耐受温度以下, 同时有效地降低设备的体积与重量, 提高了设备的工作温度区间。本文的设计思路与设计方法可以为散热条件苛刻的风冷电子设备的散热提供有效的工程参考。

关键词: 电子设备; 散热设计; 数值分析

0 引言

随着电子设备小型化与微型化, 电子设备中核心元器件的散热难度逐渐增加, 电子设备的过热也成为电子产品失效的主要原因之一, 因温度过高引起的电子设备失效率超过 55%。而随着温度的增加, 电子设备内元器件失效率则呈指数增加, 部分元器件的工作环境每上升 10°C , 其失效率会增加 1 个数量级。由此电子设备的热设计是保证电子设备可靠工作的重要前提。

近年来, 随着机载电子设备的工作环境条件越来越恶劣, 整机对电子设备的工作要求也愈加严苛, 电子设备需要在更高温度的设备舱内工作, 因此电子设备的热设计成为必不可少的重要环节, 电子设备系统的热分析成为提高电子设备热设计的重要手段之一。本文主要通过数值计算方式对某风冷电子设备进行热设计并采用数值迭代的方式对其散热结构进行设计优化。

1 设备工作模式

该设备为某机载电子设备前端, 对天线侦收的射频信号进行中继放大、电光转换, 并传输至后段进行处理。该设备工作的最高环境温度为 71°C , 设备工作时的热耗为 580W。该设备内部电光模块内的激光器对温度极为敏感, 电光模块内采用恒温 TEC 控制激光器的工作环境, 保证激光器安全可靠地工作, 但恒温 TEC 在高环境温度条件下, 其产生的制冷温差有限, 且恒温 TEC 的制冷效率不足 10%, 从而产生大量的热量。为保证设备内核心电光模块能安全可靠地长时间工作, 热设计过程中侧重于分机内电光模块的散热设计, 尽可能地降低分机内电光模块所需要的散热温差, 从而提高设备的可使用环境边界。

2 设备结构

图 1 (a) 所示为设备的外形结构与内部简化结构, 中间为设备风冷散热冷板, 两端为电连接器及风机进/出风口, 设备内部组件安装方式如图 1 (b) 所示。设备内部电光组件及大功率组件置于底层, 直接安装于风冷板之上, 其余无源组件及热负荷较低的组件采用转接支架安装于设备内第二层, 提高设备紧凑度, 降低设备重量。设备中间散热冷板根据不同组件的布局及散热需求进行优化设计, 保证设备综合散热能力最优。

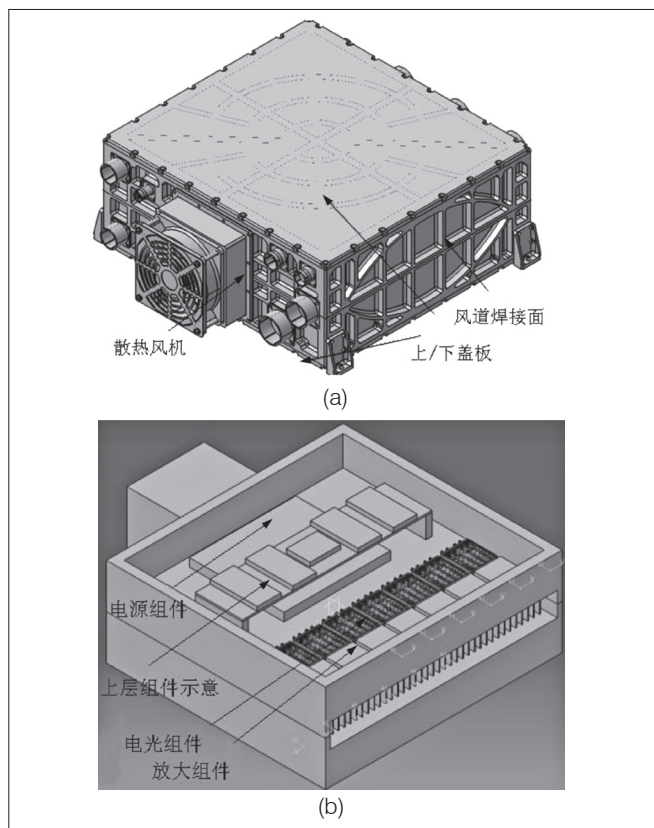


图 1 设备外部结构与内部简化结构

3 热设计数值分析

3.1 物理模型

由于整个电子设备的实际结构非常复杂,而且部分无源组件及结构件对实际散传热的影响较小,热设计数值分析中对分机实际的模型进行了简化,去除了部分修饰特征及无源组件。设备经过数次数值分析进行优化与迭代后其机箱的内部冷板翅片结构如图 2 所示。

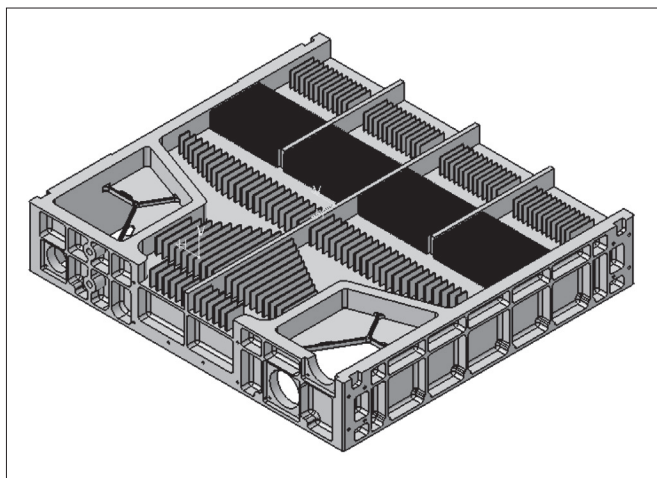


图 2 设备机箱内部冷板翅片结构

3.2 数值分析边界

热分析计算采用 FloEFD 软件进行仿真分析,对设备物理模型进行简化后进行整机仿真与计算。其主要边界条件设置如下:

设备内部总计最大热负荷为 580W,其中电光组件为核心组件。根据热设计需求电光组件内恒温 TEC 带载工作时,允许使用的最大负温差为 73K,电光组件内激光器工作温度为恒温 20℃,则电光组件内 TEC 热端面允许工作的最高工作温度为 93℃,电光组件散热底面允许的最高工作温度为 85℃。该设备散热设计时许用的极限散热温差为 14℃,散热温差远低于普通风冷散热设备,需用对该设备的风冷散热结构进行优化设计,实现小温差条件下的散热设计。

计算过程中材料物性设置如下:

- (1) 电光组件安装面接触热阻,按导热硅脂 EG8050,厚度为 50 μm 进行计算折合;
 - (2) 机箱材料为锻铝,导热系数为 150W/(m·K);
 - (3) 电光组件内部导热块材料为钨铜,导热系数为 200W/(m·K);
 - (4) 电光组件内部可伐合金导热系数为 17W/(m·K);
 - (5) 其余干接触面接触热阻为 2.75×10^{-4} (m²·K/W)。
- 分机数值分析边界如下:
- (1) 设备进风口:静压入口,静压为 101325Pa;
 - (2) 设备出风口:简化出口风机—风机静压—风量

工作特性曲线;

(3) 忽略设备自然对流散热进考虑强迫风冷散热,忽略设备辐射散热;

(4) 环境大气温度 71℃;环境大气湿度 10%;

(5) 计算中对设备内部发热元器件进行了局部网格加密,并通过对不同网格数量的计算结果进行校核验证网格无关性。

3.3 数值分析结果

由于电子设备内部的组件散热负荷与所能承受的工作温度不同,本文通过数值迭代的方式对电子设备内部风冷板的流道结构及翅片结构进行了优化与改进,如图 2 所示。设备冷板的前端入口密集翅片区为电光组件及放大组件安装区域,此两类组件工作时其安装面温度需要低于 85℃,翅片中段为流动分流导流区及辅助散热区,尾部翅片为电源模块散热翅片,电源模块安装面温度需要低于 100℃。

设备机箱内部主要散热器件集装贴机箱散热风冷版进行布置,机箱温度分布云图如图 3、图 4 所示。

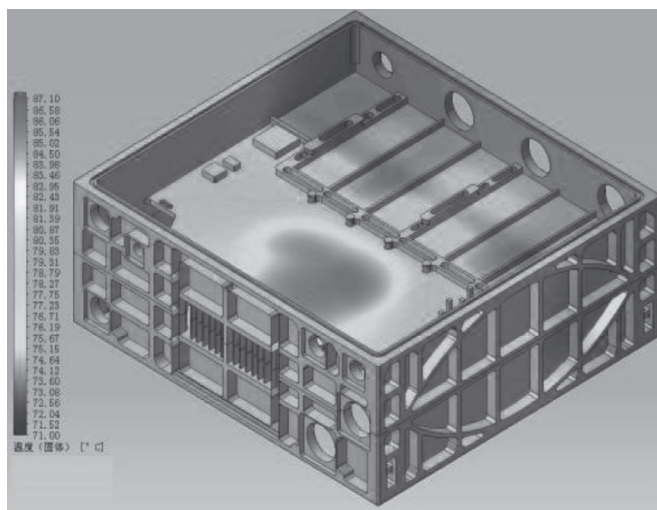


图 3 机箱内组件安装面温度分布云图

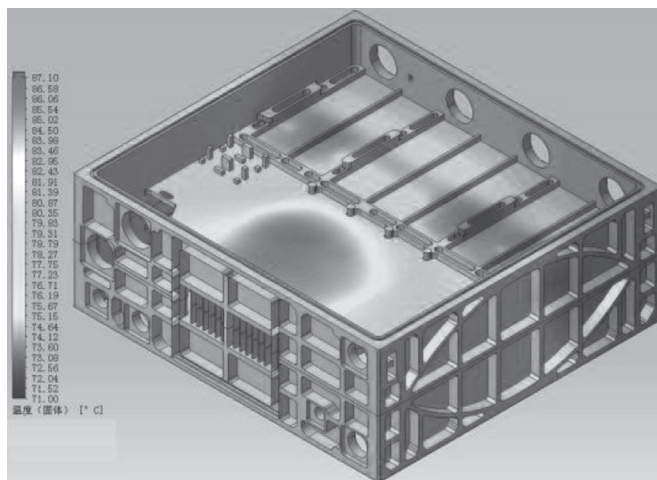


图 4 机箱内组件安装面温度分布云图

由计算结果可知,设备机箱内安装面的最高温度为 87.1℃,主要位于机箱内部安装电源模块的位置,电光组件散热区安装面的温度最高约为 78.2℃。其详细计算结果如下:

(1) 内部风冷板的流场分布:图 5 为冷板内部横截面的速度分布云图,由计算结果可知,电子设备采用抽风机布置,内部翅片分布合理时,设备冷板内的速度分布较为均匀,风道主体区风速大于 3m/s。

(2) 设备内部组件及主要元器件的温度分布:电子

设备机箱中间为散热风冷板,冷板两侧为组件安装区,机箱内主要组件的温度分布云图,如图 6、图 7 所示。

设备机箱冷板两侧均安装布置电光组件,图 6 所示部分布置 4 件,图 7 所示部分布置 7 件,由计算结果可知,电光组件的恒温 TEC 热端面的计算温度为 76.5 ~ 85.3℃。机箱下侧部分布置有 7 个电光组件,由计算结果可知,电光组件恒温 TEC 热端面的计算温度为 75.5 ~ 84.5℃。该设备内电光组件中恒温 TEC 热端面最高许用温度为 93℃,计算所得 TEC 热端面最高工作温度为 85.3℃,低于设备许用温度。设备电光组件的热设计满足使用需求,且有温度降额。

由图 6 与图 7 计算结果可知,该设备内温度最高区域为电源模块内部元器件,电源模块内部主要器件的安装面温度最高为 88℃,一处位于电源组件 PCB 上器件的导热面温度最高为 92℃,均满足电源模块内部器件散热需求。设备内其余模块组件散热面最高温度如图 7 局部图所示为 86℃,满足设备内其余组件散热面低于 100℃的要求,设备热设计满足散热需求。

本文采用数值计算方案对设备的风冷板的流道结构于翅片结构及散热底板的厚度进行了迭代优化,平衡了散热底板的导热热阻与散热翅片对流散热的热阻,最终采用的翅片规格及导热底板的厚度如下:

- (1) 电光组件区域:
散热底板厚度为 4mm ;
翅片高度为 19.5mm (单侧);
翅片厚度为 1.5mm ;
翅片间距为 1.5mm。
- (2) 其余组件区域:
散热底板厚度为 3mm ;
翅片高度为 19.5mm (单侧)
翅片厚度为 1.5mm ;
翅片间距为 7.5mm。

在风冷设备风冷板设计中,适度增加散热底面厚度可以有效增加散热器件热传导区域,降低导热热阻可以有效降低部分组件的工作温度,风冷板内翅片仅需要对主散热

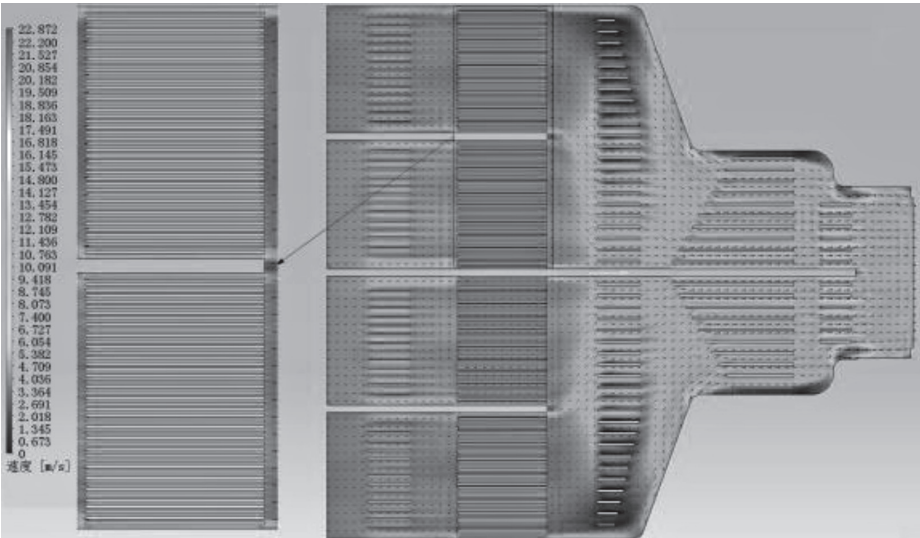


图 5 冷板内速度分布云图

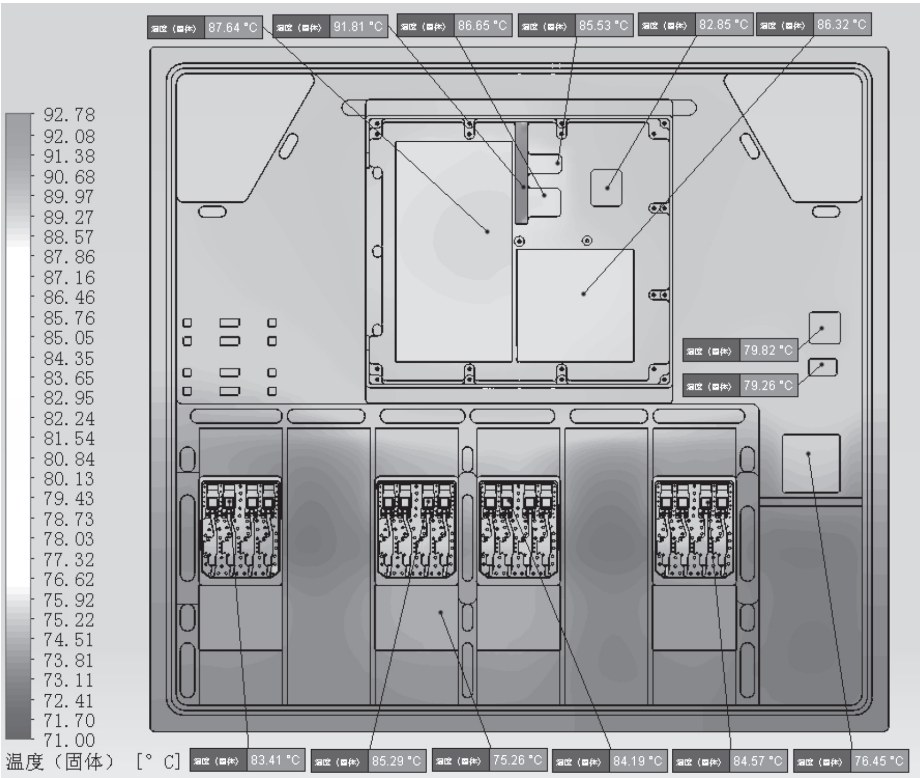


图 6 机箱内组件温度分布云图

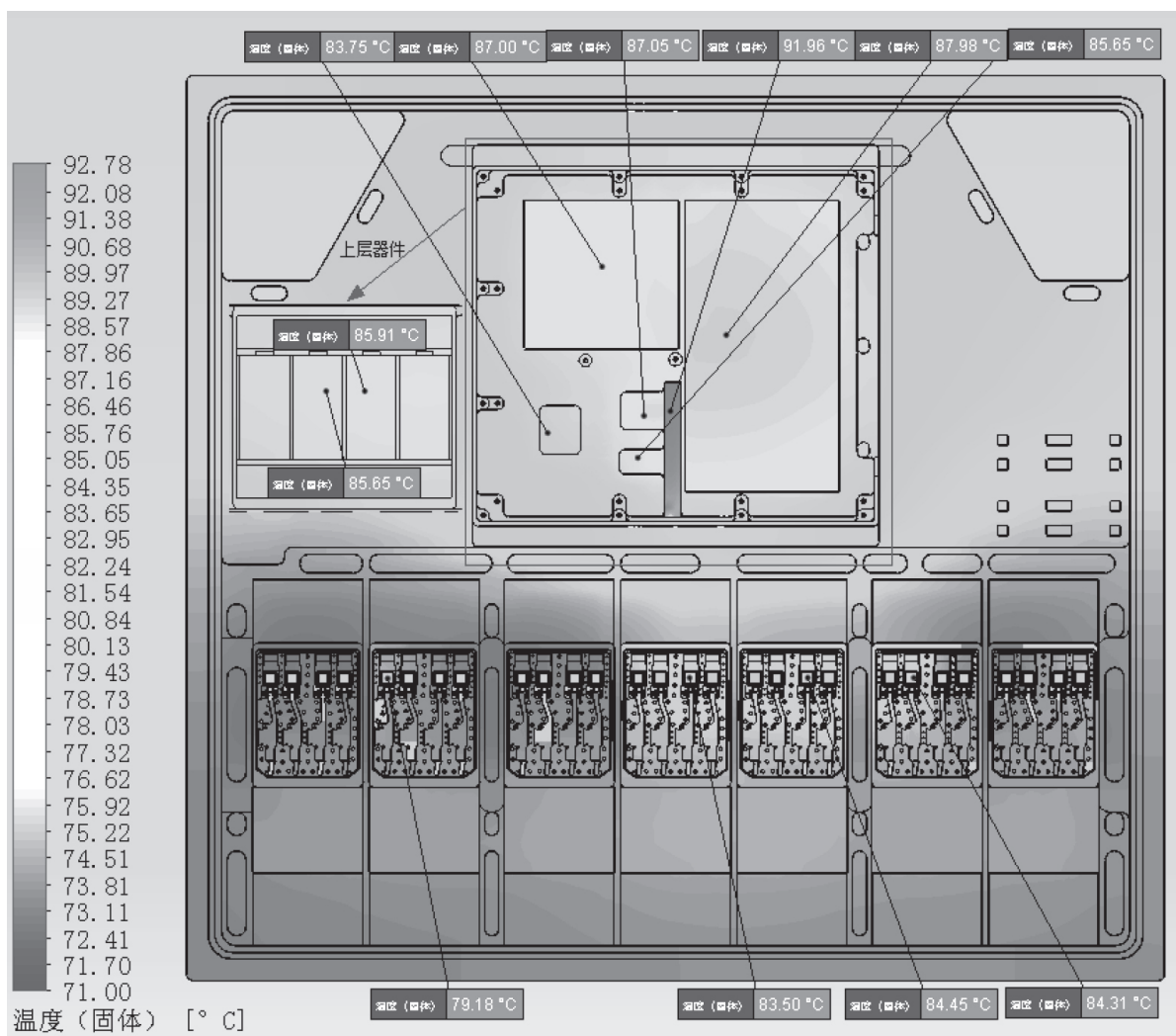


图7 机箱内组件温度分布云图

区进行局部加密即可，散热需求较低区域，根据冷风风道设计需求进行导流设计，增加冷板内流场的均匀性，降低冷板整体流阻。

4 结语

采用数值计算方式可以有效地提升电子设备的热设计效率，通过数值优化迭代可以有效地提高电子设备的散热性能；风冷冷板在设计过程中需要均衡其结构件的导热热阻与翅片的强迫对流热阻；通过本次对该电子设备的仿真优化设计，有效地解决了其小温差条件下的散热设计，同时对类似结构的电子设备的散热设计具有良好的指导意义。

参考文献:

- [1] Keith Jack, 著. 杨征, 田尊华, 译. 视频技术手册 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009.
- [2] GJB/Z 299B-99, 电子设备可靠性设计手册 [S].
- [3] 李增辰, 褚俐. 某封闭电子设备的热设计 [J]. 电子机械工程 2009, 25(04): 7-9.
- [4] 陈洁茹, 朱敏波, 齐颖. Icepak 在电子设备热设计中的应用 [J]. 电子机械工程, 2005, 21(01), 14-16.
- [5] 张学新. 某地面电子设备的热设计 [J]. 电子机械工程, 2014, 30(04): 8-11.
- [6] 张小军, 田珂. 间接强迫风冷机箱的热设计与仿真 [J]. 科技创新与应用, 2012(32): 39-40.